



HAL
open science

Hydroacoustiques et réservoirs Validation d'un drone hydroacoustique en réservoir et discrimination de cibles par approche large bande

Arthur Blanluet, Chloé Goulon, Jean Guillard

► **To cite this version:**

Arthur Blanluet, Chloé Goulon, Jean Guillard. Hydroacoustiques et réservoirs Validation d'un drone hydroacoustique en réservoir et discrimination de cibles par approche large bande. [Rapport de recherche] UMR CARTELE; ECLA. 2019. hal-03145739

HAL Id: hal-03145739

<https://hal.science/hal-03145739>

Submitted on 18 Feb 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Hydroacoustiques et réservoirs

Validation d'un drone hydroacoustique en réservoir et discrimination de cibles par approche large bande

Arthur Blanluet (UMR CARTEL INRA -USMB)
Chloé Goulon (UMR CARTEL INRA -USMB)
Jean Guillard (UMR CARTEL INRA -USMB)

Décembre 2019

- **AUTEURS**

Arthur Blanluet – IR CDD – UMR CARTELE (INRA -USMB)

arthur.blanluet@inra.fr

Chloé Goulon – IE - UMR CARTELE (INRA -USMB)

chloe.goulon@inra.fr

Jean Guillard – IR HDR – UMR CARTELE INRA -USMB)

jean.guillard@inra.fr

- **CORRESPONDANTS**

AFB : Jean-marc Baudoin Chef du Pole R&D ECLA

jean-marc.baudoin@afbiodiversite.fr

- **AUTRES CONTRIBUTEURS**

Laurent Berger – Ingénieur de recherche – Ifremer Brest – laurent.berger@ifremer.fr

Jean-Christophe Hustache - Technicien de recherche – INRA UMR CARTELE - jean-christophe.hustache@inra.fr

Droits d'usage : accès libre

Niveau géographique : mondial

Couverture géographique : Haute - Savoie ; Savoie

Lacs d'Annecy et du Bourget

Niveau de lecture : experts

HYDROACOUSTIQUES ET RESERVOIRS : VALIDATION D'UN DRONE HYDROACOUSTIQUE EN RESERVOIR ET DISCRIMINATION DE CIBLES PAR APPROCHE LARGE BANDE

- **RESUME**

L'hydroacoustique est devenue une méthode incontournable de l'évaluation des populations de poissons dans les écosystèmes lacustres et de la description de leurs relations avec l'écosystème. Cette méthode, non intrusive, fait désormais partie intégrante des procédures d'échantillonnage des peuplements de poissons recommandés par la DCE et a fait l'objet d'une normalisation par le Comité Européen de Normalisation (CEN EN 1590). À l'heure où l'utilisation de ces méthodes s'intensifie, le nouveau défi est leur utilisation de façon autonome afin de pouvoir acquérir plus de données aussi bien spatialement que temporellement. De plus, la nouvelle génération de sondeur type large bande récemment commercialisée permettra de mieux prendre en compte les réponses fréquentielles des cibles pour d'aborder la discrimination spécifique, ou de mieux décrire les écosystèmes en limitant les confusions possibles, entre bancs de poissons et arbres immergés par exemple. Un engin autonome, le HARLE (Hydroacoustic Autonomous boat for Remote fish detections in LakE) équipé d'un sondeur EK80 (120 kHz) émettant en position verticale, a été développé par l'INRA en partenariat avec CT2MC. La première version a été validée en lac naturel et la version 2.0 adaptée aux réservoirs nécessite d'être validée.

- **MOTS CLES : HYDRO-ACOUSTIQUE, BANC, ARBRES, LACS DE BARRAGE, ACOUSTIQUE LARGE BANDE**

HYDROACOUSTICS AND RESERVOIRS : HYDROACOUSTIC DRONE VALIDATION IN RESERVOIR AND TARGET DISCRIMINATION BY BROADBAND ACOUSTICS

- **ABSTRACT**

Hydro-acoustics has become a requisite method to assess fish populations in lakes and to describe their relationship with the ecosystem. This non-intrusive method is now an integral part of the sampling procedures for fish stock assessment recommended by the WFD and has been standardized by the European Committee for Standardization (CEN EN 1590). As these methods are becoming more and more popular, new needs arise, as the necessity of autonomous acquisition to increase the data temporal and spatial coverage. Moreover, the democratization of broadband acoustics will allow to get closer to species discrimination, or to better describe ecosystems by limiting confusions, as help the distinction between fish schools and submerged trees. An Autonomous Surface Vehicles (ASV), the HARLE (*Hydroacoustic Autonomous boat for Remote fish detections in LakeE*), equipped with EK80 vertical echo-sounder (120 kHz), was developed by the INRA in partnership with CT2MC. The first version was already validated in an alpine lake, as the 2.0 version, adapted to reservoirs, need to be validated.

- **KEY WORDS : HYDROACOUSTIC, SCHOOLS, TREES, DAM LAKES, BROADBAND ACOUSTICS**

- **SOMMAIRE**

1- Introduction	5
2- Validation version 2.0 du drone	7
(a) Rappel des objectifs.....	7
(b) Optimisation des détections en zone de surface.....	7
(c) Précision des parcours.....	8
(d) Détections d'obstacles	8
(e) Conclusion validation version 2.0 du drone	9
3- Discrimination arbres – poissons.....	10
(a) Rappel des objectifs.....	10
(b) Jeux de données d'apprentissages.....	10
(c) Préparations des données.....	11
(d) Analyse des données.....	12
(e) Discriminations arbres/bancs.....	13
(f) Conclusion	14
4- Effet de l'angle d'un transducteur sur la réponse acoustique	15
Bibliographie.....	16
Table des illustrations.....	17
Table des tableaux.....	17

1- Introduction

Le besoin de connaissance des populations de poissons en milieux lacustres s'accroît, que ce soit pour la gestion des pêcheries ou pour suivre et étudier l'état des écosystèmes. L'hydroacoustique, développée depuis plusieurs décennies, est reconnue à l'heure actuelle comme étant une méthode de mesure fiable et robuste (Draštík et al. 2017 ; Simmonds and MacLennan. 2005) de ses populations. Si les grands lacs européens sont depuis longtemps suivis par ce type de méthodes, les ouvrages artificiels tels que les lacs de barrages, sont généralement peu suivis. Ces masses d'eau présentent un certain nombre de conditions complexifiant les acquisitions :

- Ils sont généralement encaissés, obligeant à recourir à de petites embarcations et à des parcours précis.
- L'essentielle de la biomasse des poissons sont situés proche de la surface dès que le lac est stratifié
- Dans de nombreux réservoirs, les zones immergées n'ont pas été déboisées, et donc de nombreux arbres sont encore présents, affleurants à la surface ou complètement immergés.

Dans l'objectif de faciliter les acquisitions acoustiques dans des milieux difficiles d'accès, tel que ces lacs de barrages, mais aussi les lacs d'altitudes ou d'autres milieux fragiles, l'UMR CARTELE (INRA - USMB) a développé, en partenariat avec l'entreprise CT2MC, un engin autonome, le HARLE (Hydroacoustic Autonomous boat for Remote fish detections in Lake). Celui-ci est équipé d'un sondeur SIMRAD EK80 WBT-Mini et d'un transducteur 120 kHz. L'utilisation du HARLE et la correspondance des données acquises avec des données de campagne classique ont été validées sur le lac d'Aiguebelette (Goulon et al., soumis).

Dans le but d'améliorer ses performances sur les réservoirs, le HARLE a été équipé par la suite d'un autre transducteur de 120 kHz, émettant en mode horizontal, capable d'échantillonner les poissons situés sous la surface, ainsi que d'un GPS plus performant et d'un LIDAR pour la détection d'obstacle.

L'objectif des travaux présentés ici est de valider la version 2.0 du drone avec ses évolutions techniques. Cette validation permettra ainsi la mise en œuvre de cet outil dans l'ensemble des écosystèmes lacustres, naturels et artificiels. La validation in situ est un préalable nécessaire à l'utilisation dans des programmes de suivis.

Les arbres immergés dans les lacs de barrages sont un autre frein aux acquisitions dans ce type d'écosystème, car ils peuvent rendre les processus de nettoyage des données et d'écho-intégrations difficiles et bien plus incertains, les arbres immergés pouvant être facilement confondus avec des bancs de poissons (Coll et al, 2007). Ce problème est notamment très handicapant dans les grands lacs de barrages tropicaux (Tessier et al, 2016), dont la forêt a été maintenue en place lors du remplissage et quand les acquisitions nocturnes, période où les poissons se dispersent, ne peuvent être faites pour des raisons de sécurité.

Le deuxième enjeu de ces travaux est donc de mettre en œuvre des méthodes acoustiques innovantes, utilisant l'acoustique large bande (onde émise modulée en fréquence) pour discriminer arbres immergés des bancs de poissons. Les informations fréquentielles supplémentaires apportées par la modulation en fréquence vont permettre de faire sauter un verrou méthodologique qui a été jusque-là un frein à l'utilisation de ces méthodes dans ce type de milieu.

Dans le cadre d'un projet étudiant, nous nous sommes également intéressés à l'effet d'un décalage dans l'angle du transducteur sur les évaluations de stock en lac alpin.

2- Validation version 2.0 du drone

(a) Rappel des objectifs

Valider *in situ* la version 2.0 du HARLE pour des milieux peu profond ou artificiel (réservoirs, fleuves)

- **Optimisation des détections en zone de surface** : positionnement d'un transducteur émettant horizontalement
- **Précision des parcours** : mesure du décalage entre parcours théoriques parcours réels
- **Détections d'obstacles** : test du LIDAR

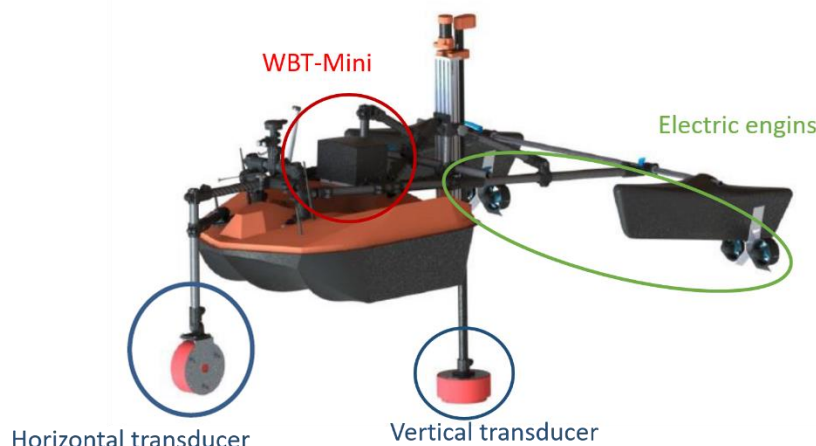


Figure 1 : Configuration du HARLE v2

(b) Optimisation des détections en zone de surface

Lors des premiers tests utilisant le transducteur émettant horizontalement, il s'avère qu'il présente un niveau de bruit important, rendant toute acquisition impossible. Le transducteur vertical ne présente pas de bruit équivalent.

Après un certain nombre de tests, nous avons pu conclure à ce stade que :

- Il s'agit d'un bruit électronique, transmis par les moteurs du HARLE.
- L'intensité du bruit capté dépend fortement du transducteur.
- Le bruit n'est pas corrélé à la position du transducteur sur le drone, au branchement sur le sondeur, ou à son orientation.

Nous en avons conclu que le transducteur horizontal fourni par SIMRAD ou le câblage était potentiellement défectueux. Si le « blindage » des câbles d'alimentations du transducteur ou des moteurs ne fait pas disparaître le bruit, le transducteur devra être changé.

Tant que le transducteur horizontal n'est pas changé, les travaux sur l'optimisation des détections en zone de surface sont compromis.

Ce contretemps, couplé au retard de la livraison de la version 2 du drone, nous a poussés à décaler le planning de ce projet en inversant les priorités. Nous nous sommes ainsi concentrés sur la discrimination arbres/bancs. Les tests sur le drone seront effectués par la suite, lorsque le problème du transducteur sera réglé.

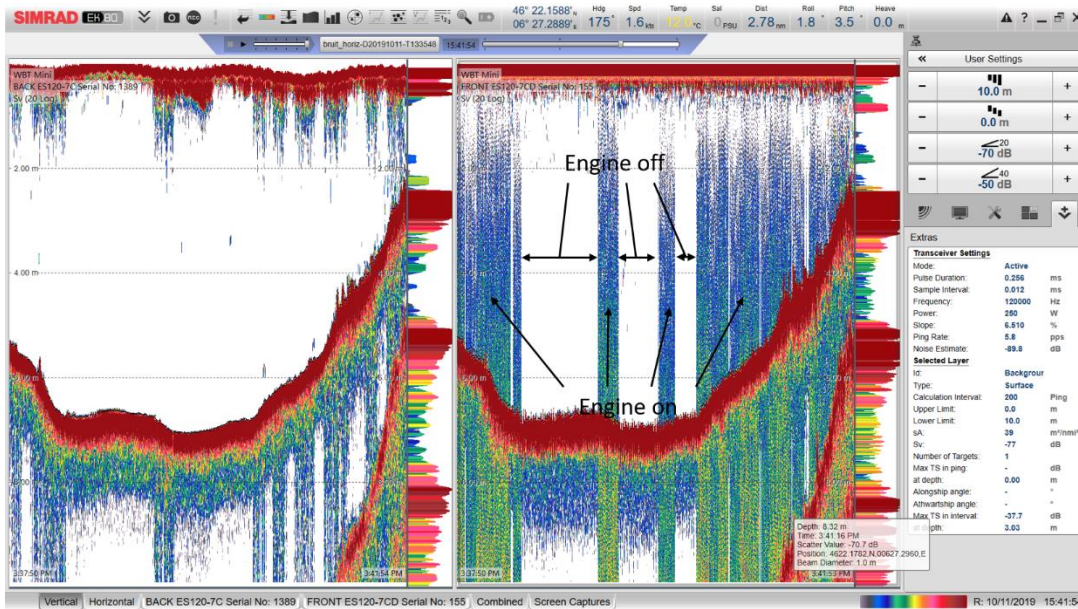


Figure 2 : comparaison entre échogrammes du transducteur vertical (gauche) et du transducteur horizontal (droite, orienté verticalement pour la comparaison), avec ou sans les moteurs en actions.

(c) Précision des parcours

Le HARLE présente un décalage important de sa trajectoire réelle avec la trajectoire théorique (figure 3). Cela est notamment dû à son faible rayon de courbure à pleine vitesse. Ces décalages peuvent être particulièrement problématiques dans des espaces étroits (comme des réservoirs allongés en forme de canyon ou dans des cours d'eau) ou encombrés (par des branches, rochers, bateaux...).

Dans le but d'atténuer ces décalages avec la trajectoire théorique, il a été décidé de changer de GPS pour un GPS plus précis (GPS Trimble). Additionnellement, nous allons tester l'effet de l'ajout de points d'étapes au milieu des trajectoires sur le décalage entre trajectoires théoriques et trajectoires effectuées, en tenant compte de paramètre externe comme le sens et la puissance du vent et de la houle. Dus aux imprévus cités précédemment sur la disponibilité du drone, les tests ont pris du retard.

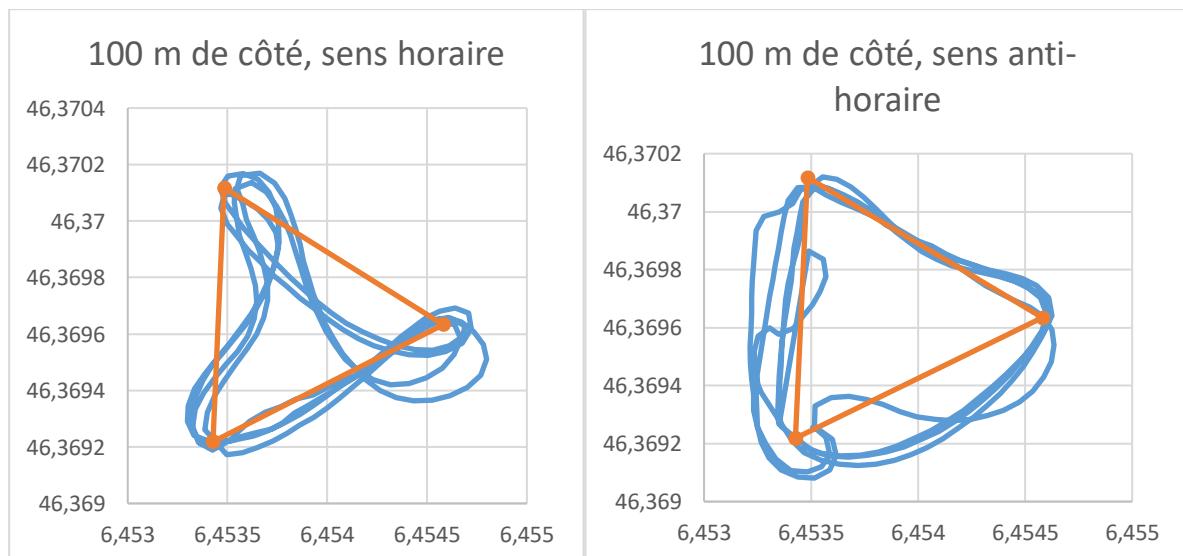


Figure 3 : Trajectoire du HARLE (bleu) par rapport à la trajectoire théorique (orange)

(d) Détections d'obstacles

Un LIDAR a été monté sur le drone par CT2MC pour la détection d'obstacle. Les tests concernant la fiabilité de ce capteur ont été retardés pour les mêmes raisons.

(e) Conclusion sur la validation version 2.0 du drone

Les travaux de validation sur le drone ont pris du retard et sont décalés sur l'année 2020. Le transducteur horizontal devra peut-être être remplacé. Ces travaux devraient se conclure par des tests grandeurs nature au printemps, sur le lac de Serre-Ponçon et sur un lac de barrage sur le Rhône, en parallèle d'un échantillonnage classique.



Figure 4 : Test de stabilité du HARLE v2

3- Discrimination arbres – poissons

(a) Rappel des objectifs

Développer une méthode permettant de discriminer les arbres immergés des bancs de poissons en utilisant l'acoustique large bande

- **Jeux de données d'apprentissage** : acquisitions dans différents écosystèmes en large bande (Modulé en Fréquence, FM) et en bande étroite (Onde continue, CW)
- **Préparations des données** : Traitement des données, calibrations
- **Analyse de données** : déterminations de critères permettant la discrimination arbres/poissons
- **Discriminations arbres/bancs** : mise en place d'algorithmes de classification permettant de discriminer arbres de bancs
- **Rédaction d'un rapport complet et d'article scientifique**

(b) Jeux de données d'apprentissages

Des acquisitions acoustiques (en mode CW et FM) dans des milieux présentant des arbres et des bancs de poissons sont nécessaires pour permettre de construire un modèle les discriminant. Néanmoins, il n'est pas facile d'obtenir sous nos latitudes des lacs présentant à la fois des arbres immergés et des bancs de poissons en quantité suffisante. En Europe occidentale les lacs de barrages sont généralement peu poissonneux, et peu présentent des arbres immergés. Les acquisitions ont donc été effectuées dans des lacs différents pour les arbres et les poissons :

- Retenu de Chancy-Pougny (Suisse) sur le Rhône pour les arbres immergés (récent glissement de terrain ayant entraîné des arbres dans l'eau).
- Léman et lac du Bourget pour les bancs, constitués en grande partie de bancs de perche et de gardons, mais sans que la proportion ne soit connue.

Les acquisitions sur ces lacs ont été effectuées en bande étroite et en large bande à l'aide d'un sondeur EK80 WBTMini équipé d'un transducteur de 120 kHz et d'un transducteur de 200 kHz (gracieusement prêté par l'IRD). Si les données récoltées dans ces lacs nous permettent de mettre en œuvre une méthode de discrimination arbres/bancs, d'autres acquisitions, notamment d'arbres immergés, seront nécessaires pour tester l'efficacité de la méthode. Ces acquisitions devraient avoir lieu en janvier sur le lac de Bimont et sur la retenue de Verbois.



Figure 5 : Acquisition sur la retenue de Chancy-Pougny

(c) Préparations des données

Si les calibrations de sondeurs en mode CW sont maintenant des procédures de routine pour les acousticiens (Demer et al 2015), les calibrations en mode FM sont des procédures délicates (Demer et al 2017), la largeur de la bande rendant la calibration beaucoup plus sensible. Ces calibrations nécessitent notamment un soin particulier apporté à l'harnachement de la bille de calibration, qui pourrait avoir un impact sur la calibration du sondeur. Des calibrations mettant en œuvre des billes en tungstène de 22 mm et 38,1 mm de diamètre achetés pour l'occasion et attachés selon les recommandations de Demer et al 2017 et de Laurent Berger (IFREMER) ont donc été effectuées en novembre pour obtenir une qualité suffisante pour ne pas avoir d'impact sur les réponses acoustiques mesurées.

Tableau 1: Configurations des écho-sondeurs

Transducteur	ES120-7C	ES120-7C	ES200-7CD	ES200-7CD
Signal	CW	FM	CW	FM
Largeur de bande (kHz)	120	95-150	200	170-260
Durée d'impulsion (ms)	0.256	1.024	0.256	1.024
Puissance transmise (W)	75	75	75	75
Diamètre de la bille de calibration (mm)	22	22	38.1	22

Les données acoustiques acquises sur les différents lacs ont été prétraitées à l'aide des logiciels HERMES (permettant de convertir les données dans un format lisible par MOVIES3D) et MOVIES3D (effectuant l'analyse spectrale et l'écho-intégration). Ces logiciels, développés par l'IFREMER, sont bien plus adaptés au traitement des données acoustiques FM que la majorité des autres logiciels de traitement de données acoustiques disponibles.

(d) Analyse des données

Deux hypothèses permettant de discriminer arbres et bancs ont été testées sur les jeux de données à notre disposition :

- Les réponses fréquentielles des arbres et des poissons devraient être différentes, plates sur la gamme de fréquence considérée pour les poissons, croissante pour les arbres (en considérant que la réponse acoustique d'un arbre devrait se rapprocher d'une cible « Fluid Like », Stanton et al, 1994).
- La variance interne des arbres devrait être bien plus importante que celle des bancs, notamment dus à la forte différence de densité acoustique entre le tronc et les branches.

Ces deux hypothèses ont été testées en comparant les jeux de données arbres et bancs en utilisant R et MatLab. Nous pouvons voir sur la figure 6 que les bancs présentaient généralement une dispersion des valeurs bien plus faibles que celle des arbres immergés, à 120 kHz comme à 200 kHz, que ce soit en mode CW (figure 6), ou en mode FM (non présenté). La variance interne est donc un bon critère de ségrégation entre arbres et bancs, en mode FM comme CW.

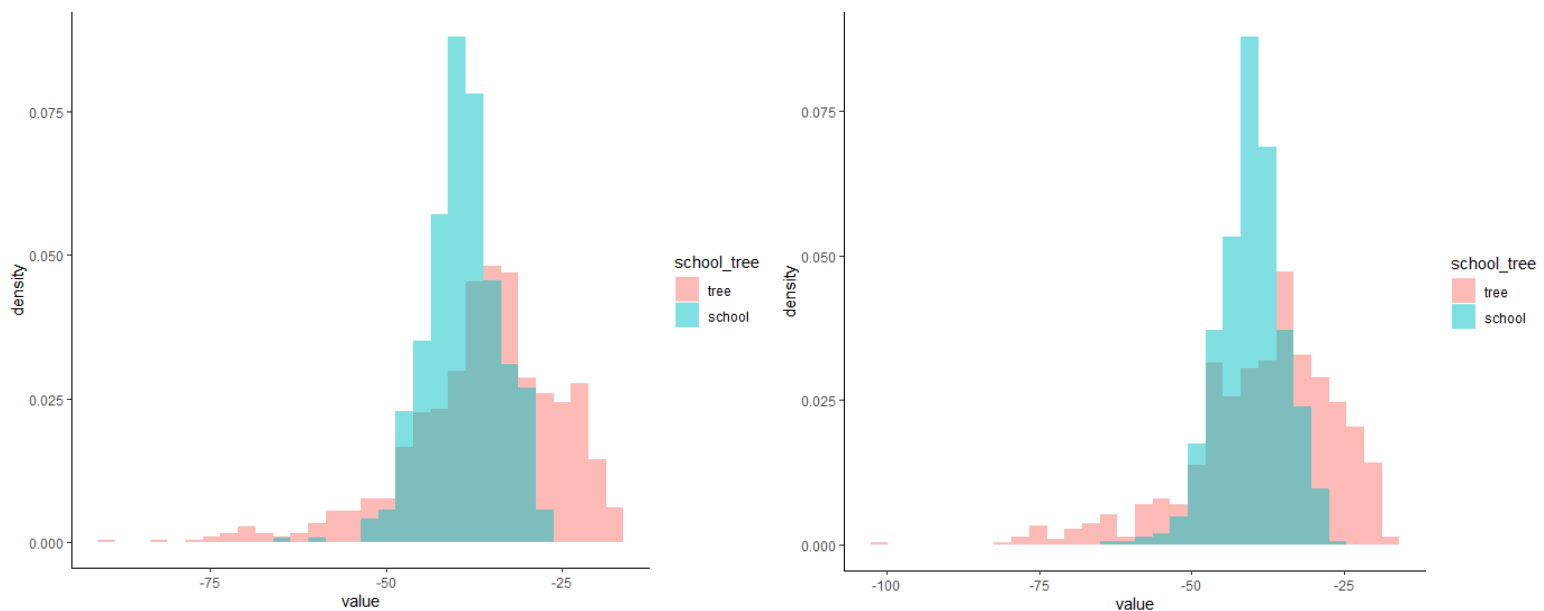


Figure 6 : Distribution des valeurs de S_v à 120 kHz (droite) et 200 kHz (gauche) entre bancs (bleu) et arbres immergés (rouge)

Par contre, si la réponse en mode FM des bancs de poissons est bien plate en fonction de la fréquence, la réponse des arbres est assez similaire à celle des poissons, et n'est pas croissante comme nous en avons fait l'hypothèse (figure 7). Néanmoins, la réponse fréquentielle des arbres immergés présente une faible pente sur la bande du 120 kHz, non observable pour les bancs. Cette pente présente aussi un bon critère de classification, mais uniquement en mode FM.

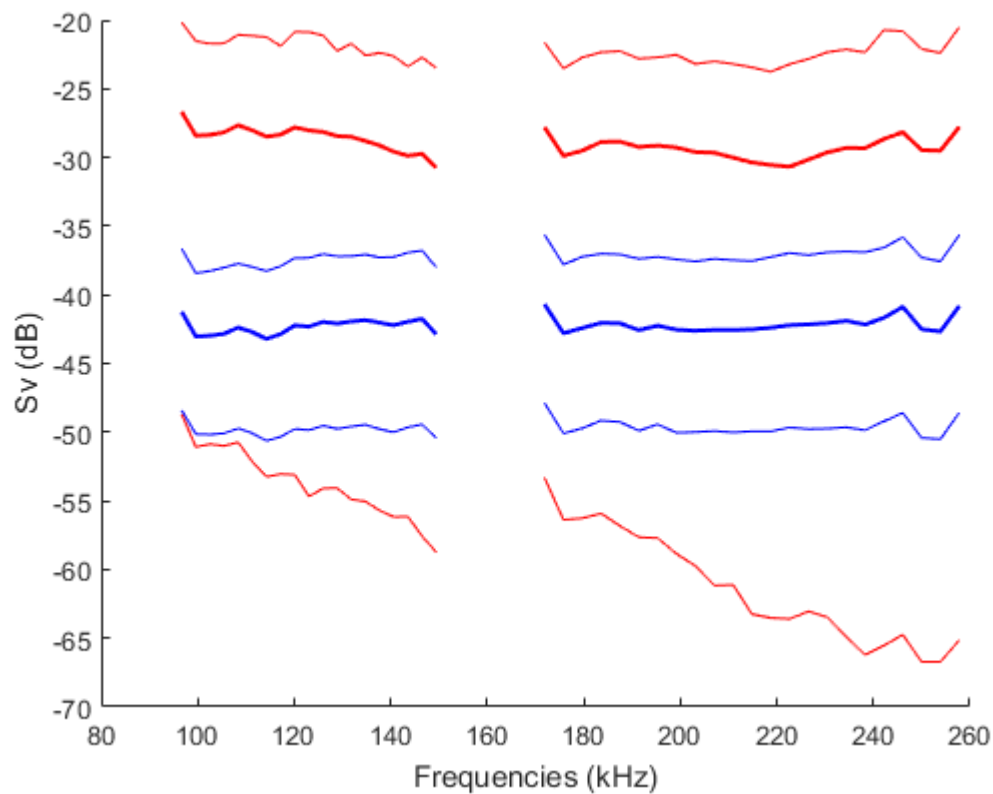


Figure 7 : Réponse fréquentielle médiane (lignes pleines) des arbres (rouge) et des bancs (bleu), ainsi que quantile 95 % et 5 % (lignes fines)

(e) Discriminations arbres/bancs

Un premier modèle de discrimination a été construit en mode CW en proposant un seuil sur la variance de la réponse acoustique à l'intérieur du banc/de l'arbre. Les structures présentant une variance supérieure à ce seuil sont classées comme arbres, celle inférieure comme bancs. Les résultats préliminaires de ce modèle sont présentés dans le tableau 1.

Tableau 2 : Matrice de confusion du modèle de discrimination arbres/bancs en mode CW, en parenthèse le nombre d'individus pour chaque occurrence.

Groupes	Arbres	Bancs
Arbres	80 % (12)	4 % (1)
bancs	20 % (3)	96 % (24)

Un deuxième modèle de discrimination a été construit en mode FM en combinant l'approche par un seuil de variance avec un seuil sur la pente de la réponse fréquentielle. Les résultats préliminaires de ce modèle sont présentés dans le tableau 2.

Tableau 3 : Matrice de confusion du modèle de discrimination arbres/bancs en mode FM, avec en parenthèse le nombre d'individus pour chaque occurrence.

Groupes	Arbres	Bancs
Arbres	91 % (10)	0 % (0)
bancs	9 % (1)	100 % (31)

(f) Conclusion

Les résultats préliminaires montrent que ces modèles discriminent de manière satisfaisante les bancs des arbres, en particulier en mode FM. Néanmoins ces résultats ne se basent pour l'instant que sur un nombre restreint d'individus et il convient d'augmenter la taille des jeux de données par d'autres échantillonnages pour obtenir des résultats plus robustes.

L'application de cette méthode à certains grands lacs de barrage, notamment en pays tropicaux, permettrait de faciliter grandement les évaluations de leurs stocks halieutiques. Ces lacs présentent généralement une source non négligeable de protéines pour les populations locales (Tessier et al, 2016), une meilleure connaissance des stocks halieutiques pourrait avoir un impact notable sur la durabilité de la gestion. Ce travail devra faire l'objet d'une publication scientifique quand l'ensemble des données sera disponible.

4- Effet de l'angle d'un transducteur sur la réponse acoustique

En milieu lacustre, les conditions parfois difficiles d'installation des équipements d'acoustique (petite taille du bateau, installation de perches temporaires maintenant le matériel...), ne permettent pas toujours de respecter la position du sondeur par rapport à l'horizontale. Un angle dans la position du sondeur induit ainsi une atténuation de l'énergie reçue après réflexion de l'onde acoustique sur un poisson, la réflexion étant directionnelle.

Nous avons encadré un étudiant du master Ecomont (Université Savoie-Mont Blanc) avec comme objectif d'évaluer, sur la base d'une campagne d'échantillonnage par acoustique réalisée sur le lac d'Annecy, l'impact d'un angle de 1 degré dans la position du sondeur par rapport à l'horizontale sur la qualité de détection des poissons, l'estimation de leur taille et de la biomasse piscicole.

Nous en avons conclu que cette différence d'angle avait un impact sur les distributions de taille de poisson, mais un impact négligeable sur l'évaluation de biomasse du lac.

Ces résultats feront le sujet d'une note technique soumise à « *Journal of Australian Acoustic* »

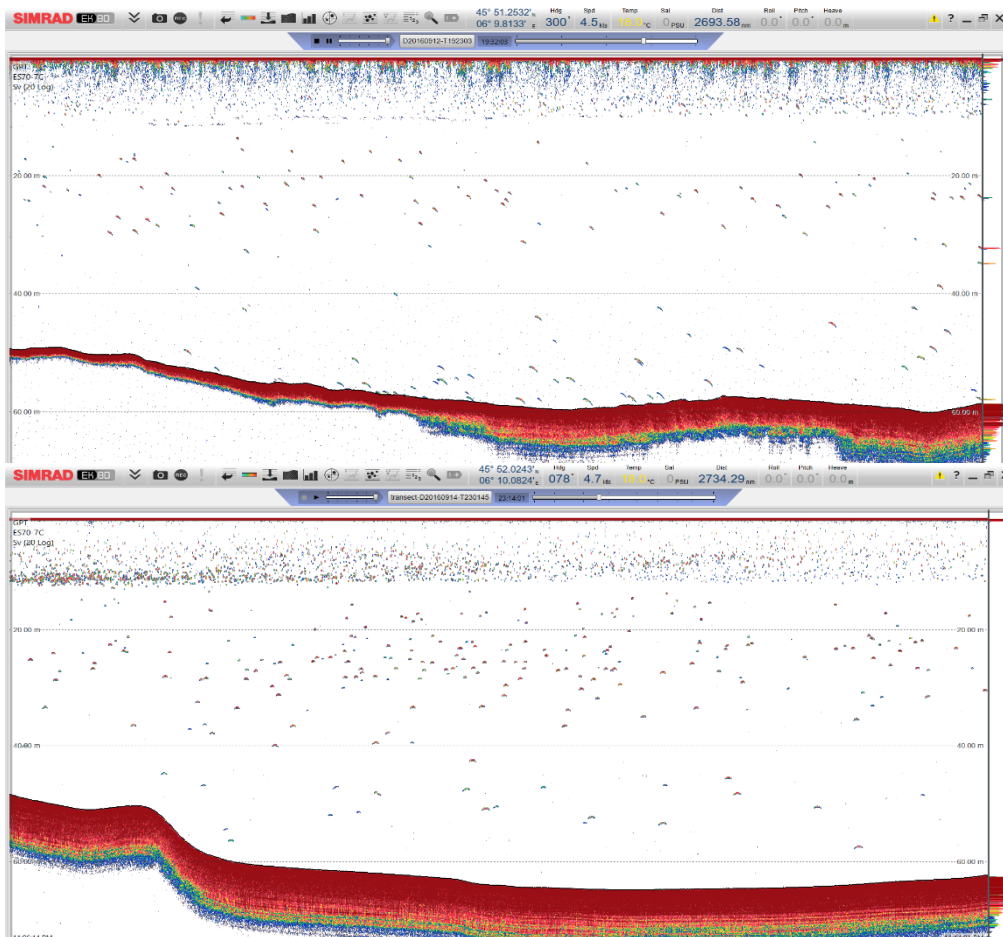


Figure 8 : Echogramme acquis par un transducteur présentant un angle par rapport à l'horizontale (haut) ou sans (bas)

Bibliographie

Coll, C., Morais, L. T. de, Laë, R., Lebourges-Dhaussy, A., Simier, M., Guillard, J., Josse, E., et al. 2007. Use and limits of three methods for assessing fish size spectra and fish abundance in two tropical man-made lakes. *Fisheries Research*, 83: 306–318.

Demer, D. A., Berger, L., Bernasconi, M., Eckhard, B., Boswell, K., Chu, D., Domokos, R., et al. 2015. Calibration of acoustic instruments. *Ices Cooperative Research Report*, 326. ICES, Denmark. [http://ices.dk/sites/pub/Publication%20Reports/Cooperative%20Research%20Report%20\(CRR\)/crr326/CRR326.pdf](http://ices.dk/sites/pub/Publication%20Reports/Cooperative%20Research%20Report%20(CRR)/crr326/CRR326.pdf).

Demer, D. A., Andersen, L. N., Bassett, C., Berger, L., Chu, D., Condiotty, J., Cutter Jr., G., et al. 2017. USA–Norway EK80 Workshop Report: Evaluation of a wideband echosounder for fisheries and marine ecosystem science. *Cooperative Research Report*, 336. ICES, NOAA's Southwest Fisheries Science Center in San Diego, California, USA.

Draštík, V., Godlewska, M., Balk, H., Clabburn, P., Kubečka, J., Morrissey, E., Hateley, J., et al. 2017. Fish hydroacoustic survey standardization: A step forward based on comparisons of methods and systems from vertical surveys of a large deep lake: Fish hydroacoustic survey standardization. *Limnology and Oceanography: Methods*, 15: 836–846.

Goulon, C., Le Meaux, O., Vincent-Falquet, R., and Guillard, J. 2019. Assessing fish populations in lakes using an unmanned hydroacoustic surface vehicle (under review). *Scientific report*.

Simmonds, E. J., and MacLennan, D. N. 2005. *Fisheries acoustics: theory and practice*. Fish and aquatic resources series. Blackwell Science, Oxford ; Ames, Iowa.

Stanton, T., Wiebe, P. H., Chu, D., Benfield, M. C., Scalon, L., Martin, L. V., and Eastwood, R. L. (1994). On acoustic estimates of zooplankton biomass. *ICES Journal of Marine Science*, 51(4) :505–512.

Tessier, A., Descloux, S., Lae, R., Cottet, M., Guedant, P., and Guillard, J. 2016. Fish Assemblages in Large Tropical Reservoirs: Overview of Fish Population Monitoring Methods. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 24: 160–177.

Table des illustrations

<i>Figure 1 : Configuration du HARLE v2.....</i>	<i>7</i>
<i>Figure 2 : comparaison entre échogrammes du transducteur vertical (gauche) et du transducteur horizontal (droite, orienté verticalement pour la comparaison), avec ou sans les moteurs en actions ...</i>	<i>8</i>
<i>Figure 3 : Trajectoire du HARLE (bleu) par rapport à la trajectoire théorique (orange)</i>	<i>8</i>
<i>Figure 4 : Test de stabilité du HARLE v2</i>	<i>9</i>
<i>Figure 5 : Acquisition sur la retenue de Chancy-Pougny.....</i>	<i>11</i>
<i>Figure 6 : Distribution des valeurs de Sv à 120 kHz (droite) et 200 kHz (gauche) entre bancs (bleu) et arbres immergés (rouge).....</i>	<i>12</i>
<i>Figure 7 : Réponse fréquentielle médiane (lignes pleines) des arbres (rouge) et des bancs (bleu), ainsi que quantile 95 % et 5 % (lignes fines).....</i>	<i>13</i>
<i>Figure 8 : Echogramme acquis par un transducteur présentant un angle par rapport à l'horizontal (haut), ou sans (bas).....</i>	<i>15</i>

Table des tableaux

<i>Tableau 1: Configurations des écho-sondeurs.....</i>	<i>11</i>
<i>Tableau 2 : Matrice de confusion du modèle de discrimination arbres/bancs en mode CW, en parenthèse le nombre d'individus pour chaque occurrence.....</i>	<i>13</i>
<i>Tableau 3 : Matrice de confusion du modèle de discrimination arbres/bancs en mode FM, en parenthèse le nombre d'individus pour chaque occurrence.....</i>	<i>14</i>

Organisme : INRA UMR CARTEL
Adresse : 75 av. de Corzent, 74203, Thonon
Numéro de téléphone : 0450267800
Site web : www.thonon.inra.fr

